

Wybrane problemy automatyzacji i robotyzacji procesu spawania w konstrukcjach wielkogabarytowych

Piotr Kuryło*, Mateusz Nagórny**

*Uniwersytet Zielonogórski, **Linstal Sp. z o.o.

Streszczenie: W opracowaniu przedstawione zostały wybrane problemy w technologii wykonania kontenerowej konstrukcji stalowej. Omówiona została problematyka możliwości zastosowania robotów przemysłowych w zautomatyzowaniu procesów spawania blachy trapezowej w poszyciu kontenerów.

Słowa kluczowe: kontener, konstrukcja stalowa, spawanie, optymalizacja

1. Wstęp

Jednym z podstawowych zadań nowoczesnych zakładów produkujących wielkogabarytowe konstrukcje stalowe jest wytworzenie produktu o jak najwyższej jakości, jednocześnie przy możliwie najniższym koszcie, czyli najniższym zużyciu materiałów i w jak najkrótszym czasie. Względem te są powodem bardzo wysokich wymagań jakościowych, tak w sensie projektowania procesów technologicznych, jak optymalizacji procesów wytwarzania oraz kontroli jakości produkcji. Aby możliwe było prawidłowe zestawienie i połączenie elementów konstrukcji, niezbędne jest zachowanie, zgodnie z projektem, ich wymiarów, kształtów i wzajemnego usytuowania. Podstawowymi narzędziami służącymi do realizacji tego celu są prace kontrolno-pomiarowe prowadzone na każdym etapie budowy takiej konstrukcji.

W budowie maszyn i urządzeń mechanicznych spawanie jest stosowane na równi z innymi technikami wytwarzania. Decyzję o zastosowaniu określonej techniki w budowie elementów maszyn należy każdorazowo oprzeć na analizie możliwości technicznych i ekonomicznie procesu [1]. Zagadnienie stosowania technik spawalniczych w konstrukcjach urządzeń i maszyn sprowadza się m.in. do wyboru określonych materiałów i technologii, mających wpływ na poprawną pracę konstrukcji [1].

Bardzo ważną zasadą w projektowaniu konstrukcji spawanych jest dążenie do jej optymalizacji zarówno pod kątem uzyskania wysokiej jakości, jak i optymalizacji pod kątem kosztów. Spawanie jest złożonym procesem cieplno-metalurgicznym, który ma pewne ujemne cechy mogące zmniejszyć właściwości eksploatacyjne wyrobu. Zasady, zalecenia i wytyczne projektowania i wytwarzania konstrukcji spawanych ujęte są w normatywach prawnych, obowiązujących dla określonych konstrukcji, np. PN-EN 1993-1-6:2009, PN-EN 1993-1-12:2008, PN-EN 1993-1-

7:2008, PN-EN 1993-1-1:2006, PN-EN 1993-1-11:2008, PN-EN 1993-1-8:2006, PN-EN 1993-1-5:2008, PN-EN 1993-6:2009, PN-EN 1993-1-9:2007, PN-EN 1993-1-4:2007, PN-EN 1993-1-10:2007, w których podane są zasady obliczeń statycznych i projektowych, a w nich podstawowe oznaczenia, ogólne zasady projektowania (obliczenia statyczne, badania konstrukcji, sprawdzania stanów granicznych użytkowania, nośności, wpływu temperatury i ochrony konstrukcji przed korozją). Podano też schematy przeprowadzania obliczeń dla elementów konstrukcji, układów konstrukcyjnych oraz połączeń.

2. Badania

Niewątpliwie standardowy kontener oceaniczny jest konstrukcją wielkogabarytową, na bazie której budowane są inne konstrukcje w szerokim zastosowaniu.

Produkcję każdego z kontenerów można podzielić na kilka głównych etapów:

1. przygotowanie materiałów wejściowych,
2. wykonanie konstrukcji nośnej i wsporczej dla maszyn technologicznych, przeznaczonych do zainstalowania w określonym typie kontenera,
3. szepienie blach poszycia kontenera,
4. spawanie poszycia kontenera z blachy profilowanej (trapezowej),
5. „uzbrojenie” kontenera – instalowanie wyposażenia technologicznego.

W procesie wytwarzania, oprócz podstawowych procesów technologicznych, realizowane są również procesy pomocnicze, takie jak: transport technologiczny, czyszczenie materiałów i spoin, konserwacja i malowanie, kontrola jakości.

W procesie produkcyjnym realizowane są także operacje technologiczne obróbki mechanicznej. Ze względu na pracochłonność, dominującą rolę odgrywają jednak procesy cięcia termicznego oraz spawania (metoda MAG). Wśród procesów pomocniczych należy wymienić: przenoszenie elementów (transport technologiczny), piaskowanie w zamkniętej kabinie piaskarki, konserwację i malowanie w zamkniętych kabinach lakierniczych. Wszystkie operacje technologiczne, zarówno główne, jak i pomocnicze, realizowane są z zastosowaniem nowoczesnego wyposażenia technologicznego. Zapewnia to uzyskanie wysokiej jakości wykonywanych operacji technologicznych, co skutkuje wysoką jakością produkowanych wyrobów.

Operacje najbardziej pracochłonne oraz mające największy wpływ na jakość końcową wyrobu finalnego powinny być w znacznym stopniu zautomatyzowane przez zastosowanie np. maszyn sterowanych numerycznie w procesach obróbki mechanicznej oraz robotów przemysłowych w procesach spawalniczych.

Nowoczesna technologia produkcji kontenerów polega, jak już wspomniano, na zastosowaniu nowoczesnych maszyn technologicznych oraz nowoczesnych środków automatyzacji. Zanikającą, lecz jeszcze nadal stosowaną technologią jest technologia produkcji kontenerów, opierająca się na rozwiązaniach bazujących na bezpośredniej pracy człowieka (operacje spawalnicze) i na działaniach zmechanizowanych (operacje obróbki mechanicznej). Nowoczesne środki techniczne z zakresu maszyn i urządzeń technologicznych oraz automatyzacji pozwalają przenieść dotychczas stosowaną technologię produkcji kontenerów na wyższy poziom rozwoju technicznego. Technologia ta staje się innowacyjna w stosunku do technologii aktualnie stosowanych w produkcji tego typu urządzeń.

Podczas automatyzacji i robotyzacji procesu spawania dużych konstrukcji stalowych, bardzo często występują problemy związane z zachowaniem prawidłowej geometrii samej konstrukcji spawanej (szczególnie z produktami, których długość wielokrotnie przewyższa jego wysokość). Tylko około 30 % ogółu zrobotyzowanych aplikacji spełnienia wszystkie wymagania zarówno co do wytrzymałości, jak i jakości. Szczególnego znaczenia w podejmowaniu nowych zadań produkcyjnych nabiera optymalizacja kosztów w funkcji wysokiej jakości produktu finalnego. Zrobotyzowane stanowiska spawalnicze różnią się między sobą stopniem komplikacji i poziomem zautomatyzowania produkcji.

2.1. Wymagania technologiczne

Podstawowym celem realizacji procesu spawania kontenera stalowego typu ISO była analiza możliwości zastosowanie pełnej automatyzacji, tj. automatyzacji eliminującej całkowicie obecność i pracę człowieka w strefie działania robota. Rozwiązanie tego zadania wymagało zastosowania robota przemysłowego o zasięgu umożliwiającym spawanie spoin o długości około 3 m i dającego możliwość spawania w każdej pozycji.

Schemat rozwiązania przedstawiono na rysunku poniżej (rys. 1).



Rys. 1. Zakładany schemat procesu spawania
Fig. 1. Assumed of the welding process diagram

Przeprowadzona analiza dokumentacji konstrukcyjnej kontenerów, z zastosowaniem urządzenia umożliwiającego jego obrót w przypadku zrobotyzowanego spawania, pozwoliła na dokładne pozycjonowanie samego kontenera, jak i uzyskanie bardzo dokładnych spoin. Zrobotyzowanie procesu spawania (szczególnie poszycia) powinno zapewnić m.in. niezmienność pozycjonowania powierzchni spawanych, dostępność powierzchni spawanej narzędzia, czyli palnika oraz wysoką jakość spoin.

Uzyskanie bardzo dokładnych spoin wymaga nie tylko znajomości kształtu geometrycznego palnika, ale również jego dopuszczalnych pozycji podczas procesu spawania. Spawanie metodą MIG/MAG charakteryzuje się dość dużą elastycznością. W sytuacji, gdy nie ma możliwości ustawienia detalu w optymalnej pozycji musi być możliwość dokonywania korekcy za pomocą zmiany parametrów spawania. W konstrukcjach konieczne jest także zapewnienie swobodnego dostępu dla palnika, co pozwala na wykorzystanie różnych metod poprawy spoin czy przeciwdziałania błędem ułożenia spoiny – szczególnie w przypadku blachy trapezowej.

2.2. Wybór pozycji spawania

Wybór pozycji do spawania, szczególnie w odniesieniu do wyrobów wielkogabarytowych o skomplikowanych konstrukcjach, odgrywa istotną rolę w procesie wytwarzania tej konstrukcji. Właściwy wybór pozycji do spawania wpływa na jakość wykonywanych spoin, a w wielu przypadkach wręcz uniemożliwia spawanie określoną metodą. Dlatego już w czasie projektowania należy je uwzględnić, np. przy kształtowaniu ukosowania brzegów elementów spawanych, określeniu nośności spoin w zależności od pozycji spawania. W projektach procesów technologicznych spawania (WPS) pozycja spawania jest zmienną zasadniczą i powinna być wyraźnie określona [1].

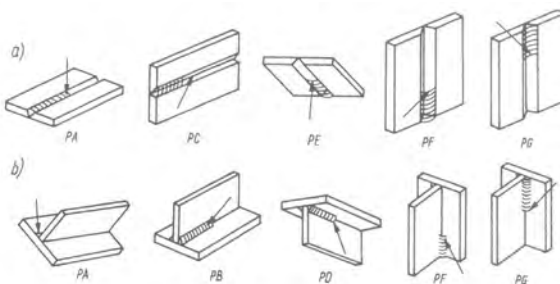
Pozycje spawania określające położenie spoiny w przestrzeni można oznaczać zgodnie z normą PN-EN ISO 6947:2011, w której opisane zostały m.in. pozycje spawania w badaniach i w produkcji dla spoin czołowych i spoin pachwinowych we wszystkich rodzajach wyrobu. Podano informacje dotyczące granic pochylenia osi spoiny i obrotu lica spoiny dookoła osi spoiny dla pozycji spawania.

Na rys. 2. pokazane zostały wybrane pozycje spawania złączy z blach.

2.3 Optymalizacja procesu spawania

W celu optymalizacji i automatyzacji procesu spawania zastosowano robot przemysłowy firmy Kawasaki FS010X, sprzężony z system namierzania spoiny. W projektowaniu zrobotyzowanych stanowisk dąży się do minimalizacji ilości wykonywanych cykli, tak aby spawanie poszycia kontenera było realizowane z minimalną liczbą przestojów międzyoperacyjnych robota.

W tablicy na kolejnej stronie przedstawione zostały podstawowe parametry zastosowanego robota przemysłowego (tab. 1.).



Rys. 2. Pozycje spawania złączy z blach [1]: a) spoiny czołowe, b) spoiny pachwinowe, oraz PA – pozycja podolna wykonywania spoin czołowych i pachwinowych; PB – pozycja naboczna wykonywania spoin pachwinowych; PC – pozycja naścienna wykonywania spoin czołowych; PD – pozycja okapowa wykonywania spoin pachwinowych; PE – pozycja pułapowa wykonywania spoin czołowych; PF – pozycja pionowa (przy spawaniu z dołu do góry) wykonywania spoin czołowych i pachwinowych; PG – pozycja pionowa (przy spawaniu z góry na dół) wykonywania spoin czołowych i pachwinowych oraz pozycja H-L045 – pozycja pośrednia wykonywania spoin złączy doczołowych z rur o nachyleniu osi o kąt 45° (spawanie można prowadzić z dołu do góry lub z góry do dołu)

Fig. 2. The welding positions of sheet metal joints [1] where PA – the flat position for butt welds and fillet welds; PB the horizontal position for fillet welds; PC – the horizontal position for butt welds; PD – the overhead position for fillet welds; PE – the overhead position for butt welds, PF – the vertical-up position for butt and fillet welds; PG – the vertical-down position for butt and fillet welds, H-L045 the inclined position for butt welds of a pipes with the inclination angle 45° (up or down welding)

Tab. 1. Podstawowe dane robota przemysłowego Kawasaki FS010X

Tab. 1. Basic data of industrial robot Kawasaki FS010X

Masa [kg]	Zasilanie [V]	Liczba stopni swobody	Udźwig [kg]	Zasięg [mm]	Powtarzalność
580 kg	400	6	10	2950	±0,23 mm

W analizowanym stanowisku wykorzystany został m.in. tor jezdny umożliwiający robotowi pełen zasięg i dostęp do wszystkich spoin oraz system namierzania spoiny spawalniczej. W tego typu aplikacjach bardzo ważna jest dokładność pozycjonowania detalu. Jednakże przy tak dużych detalach nie ma w zasadzie możliwości umieszczenia detalu zawsze na tyle powtarzalnie, aby robot trafiał w spoinę. Dlatego też zastosowano system namierzania spoiny.

2.3. Przedmiot analizy

Automatyzacja procesu spawania dużych konstrukcji stalowych wymaga rozwiązania wielu problemów wynikających przede wszystkim z realizacji samej technologii jego

wytwarzania. Zachowanie technologiczności spawanej konstrukcji jest warunkiem koniecznym, aby móc automatyzować proces spawania.

Spawalnicze techniki montażowe i naprawcze konstrukcji metalowych są najbardziej rozpowszechnione w przemyśle. Postęp w ramach tej dziedziny jest niewątpliwie związany z rozwojem technik spawania, zgrzewania, lutowania, cięcia termicznego oraz z pojawieniem się nowych materiałów elektrotechnicznych, zespołów i elementów elektroniki i automatyki. Praktyka pokazuje, że wysoka efektywność ekonomiczna i funkcjonalna mechanizacji i automatyzacji jest możliwa do osiągnięcia jedynie przy zachowaniu określonych norm, procedur i standardów.

Bardzo istotną kwestią w podejmowaniu decyzji o automatyzacji i robotyzacji procesów spawalniczych jest kwestia opracowania technologii jego montażu (kolejności szepienia konstrukcji, pozycjonowania elementów łączonych itp.) Na rys. 3 przedstawiono kontener z naniesionymi charakterystycznymi punktami, w których występują zasadnicze problemy podczas procesu spawania.



Rys. 3. Kontener z zaznaczonymi charakterystycznymi punktami, w których występują problemy

Fig. 3. Container with selected the characteristic points where the problems occur

Wyjaśnienie do rys. 3:

1. profile zamknięte kwadratowe 140×8 mm, profile zamknięte kwadratowe 100×6 mm, IPE 140 są spawane czołowo (połączenie doczołowe), szczelina między profilami a narożami kontenera 2 mm, krawędzie profili 140×8 mm są fazowane,
2. połączenie między profilem zamkniętym kwadratowym 140×8 mm a blachą trapezową o grubości 2 mm spawa się czołowo (połączenie doczołowe) pozycja spawania pionowa z góry do dołu PG,
3. blachy trapezowe spawa się na zakładkę, wykonuje się spoinę pachwinową, pozycja spawania pionowa z góry do dołu,
4. połączenie między profilem IPE 140 a blachą trapezową spawa się w pozycji nabocznej PB, jest to złącze teowe, spoina pachwinowa,
5. połączenie między profilem zamkniętym kwadratowym 100×100×6 mm a blachą trapezową spawa się w pozycji pułapowej PD, jest to złącze teowe, spoina czołowa.

6. połączenie między profilem zamknięty kwadratowy 100×50×5 mm a blachą trapezową spawa się w pozycji pułapowej PD, jest to złącze teowe, spoina czołowa.

Przedstawiony na rys. 3 kontener zbudowany jest m.in. z:

- czterech słupów – profil zamknięty kwadratowy 140×140×8 mm stal S 235JR,
- czterech naroży dolnych odlewanych o wymiarach 178×162×118 mm,
- czterech naroży górnych odlewanych o wymiarach 178×162×118 mm.

Rama dolna zbudowana jest z: dwóch dwuteowników równoległościennych (IPE 140 DIN 1025; PN-EN 10034:1996) o długości 11 836 mm, z uwzględnieniem 12 mm nadkładu do spawania (kontener po spawaniu „kurczy się” o 12–13 mm).

Ponadto do budowy analizowanego kontenera wykorzystuje się dwie sztuki dwuteowników równoległościennych IPE 140 o długości 2114 mm +5–6 mm nadkład do spawania. Rama górna zbudowana jest z 2 szt. profili zamkniętych kwadratowych 100×100×6 mm o długości 11 836 mm +5 mm nadkład do spawania.

Proces spawania złożonej konstrukcji kontenerowej (w zależności od rozwiązania konstrukcyjnego) realizowany był przez zastosowanie robota przemysłowego. W prezentowanej analizie przedstawiono tylko problematykę programowania robota pod kątem technologii wykonania. Nie analizowano problematyki programowania samego robota, ale należy stwierdzić, iż robot będzie bezużyteczny bez właściwego sterowania, oprogramowania i połączenia ze spawarką.

W wyniku analizy połączeń spawanych w kontenerze, stwierdzono następujące problemy:

- zwis spoiny blacha trapezowa zbyt blisko krawędzi profilu IPE 140,
- niezgodność spoiny szepnej (nieprawidłowa odległość spoin szepnej, nieprawidłowy rozmiar spoiny szepnej) długość spoin szepnych powinna wynosić ok. 15–30 mm,
- porowatość powierzchniowa powód powierzchnia do spawania jest tłusta od Preparatów antyodpryskowych,
- przepalanie blachy trapezowej (blacha o grubości 2 mm została ucięta na gilotynie, gdzie noże mogą być nieostre, wówczas na długości ucięcia grubość blachy może być nierówna),
- przyklejenia spoiny (przeważnie przyklejenie spoiny występuje w pozycji pułapowej PD, gdy robot spawał) oraz brak przetopu.
- nadlew spoiny,
- wklęsnięcie lica – podłużny ciągły kanał na powierzchni spoiny, spowodowany niewystarczającą ilością materiału dodatkowego spoiny.

3. Wnioski

Realizacja pełnej robotyzacji procesu spawania powinna zapewnić:

- prawidłową sekwencję wykonania spoin wg określonej kolejności i kierunku wykonania spoin.

- wymagany poziom jakości złączy oraz uwzględniać możliwości stanowiska w zakresie sterowania,
- krótki czas spawania (parametrami spawania lub śledzeniem osi złącza spawanego),
- wymaganą wydajność przy zachowaniu dokładności I powtarzalności ruchów,
- odpowiednią liczbę osi programowalnych/liczbę stopni swobody (3 osie podstawy i 3 osie ramienia zapewniają dowolne ustawienie palnika w przestrzeni),
- wymagany zakres pracy robota (zasięg oraz kształt strefy roboczej),
- zaimplementowanie opcji spawalniczych, układanie ściągów zakosowych (*weaving*),
- modyfikację ścieżki w czasie rzeczywistym RTPM (ang. *Real Time Path Modulation*) itp., co zapewni ciągłość pracy stanowiska.

Dobierając robota przemysłowego do złożonych zadań spawalniczych, w szczególności należy wziąć pod uwagę następujące parametry:

- liczbę osi programowalnych/liczbę stopni swobody (3 osie podstawy i 3 osie ramienia zapewniają dowolne ustawienie palnika w przestrzeni),
- zakres pracy robota (zasięg oraz kształt strefy roboczej),
- dokładność i powtarzalność ruchów,
- zaimplementowane opcje spawalnicze (układanie ściągów zakosowych (*weaving*), modyfikacja ścieżki w czasie rzeczywistym RTPM itp.).

Wszystkie wyżej wymienione wymagania są możliwe, jeśli spełnione będą następujące kryteria:

- wybór koncepcji budowy zrobotyzowanego stanowiska spawalniczego należy poprzedzić analizą techniczno-ekonomiczną,
- analiza techniczna powinna uwzględniać dokładność wykonania łączonych elementów, rodzaj połączeń spawanych (w tym metodę i technikę spawania), a także wymiary i położenie spoin szepnych,
- należy określić oczekiwaną wydajność oraz wymagania BHP,
- należy opracować instrukcję technologiczną spawania uwzględniającą możliwości i ograniczenia spawania zrobotyzowanego stanowiska,
- powinno być odporne na zmiany w przygotowaniu i ustawieniu elementów.

Końcowym etapem poprzedzającym budowę zrobotyzowanego stanowiska spawalniczego jest komplekacja wszystkich niezbędnych komponentów.

Wymienione wyżej wymagania możliwe są do spełnienia pod warunkiem pełnej analizy istniejących rozwiązań oraz szczegółowej analizy całej konstrukcji, która poddawana jest procesowi spawania.

Celem niniejszego opracowania było wskazanie istniejących i możliwych do zaistnienia problemów zautomatyzowania i zrobotyzowania procesu spawania w konstrukcjach wielkogabarytowych na przykładzie kontenera oceanicznego, wykorzystywanego m.in. jako konstrukcja nośna modułowych wytwórni mas bitumicznych i asfaltu.

Należy także podkreślić, iż zrobotyzowany proces spawania powinien zapewnić powtarzalność, wzrost wydajności, zwiększyć jakość oraz zredukować zużycie materiałów

dodatkowych. Ponadto w projektowaniu każdego stanowiska spawalniczego, w którym wykorzystywany jest robot przemysłowy, należy uwzględnić dostęp do całego obszaru spawania (zastosowanie zewnętrznych osi robota w postaci przesuwnej podstawy robota czy wielosiowych pozycjonerów). Ze względu na wydajność spawania, korzystniejszym rozwiązaniem może okazać się dodatkowy robot. Zrobotyzowane stanowiska do spawania to stanowiska przeznaczone do ściśle określonych zastosowań. Należy unikać konfiguracji „uniwersalnej”, o szerokim spektrum zastosowania. Optymalna konfiguracja zapewni maksimum możliwości i będzie decydować o elastyczności. Każde działanie w kierunku prawidłowego doboru technologii spawania wymaga prób i weryfikacji na obiektach rzeczywistych.

Bibliografia

1. Fecenc K., Fecenc J.: *Konstrukcje spawane. Projektowanie połączeń*. WNT, Warszawa 2000, ISBN 83-204-2470-4.
2. [www.energoelektronika.pl/do/ShowNews;jsessionid=8803264917AF8F64128990F650D27E54?id=1204 (2011-12-01)].
3. Praca zbiorowa: *Poradnik Inżyniera – Spawalnictwo*.
4. Klimpel A.: *Technologia spawania i cięcia metali*. Politechnika Śląska, Gliwice 1997.
5. Gourd L.M.: *Podstawy Technologii Spawalniczych*. WNT, Warszawa 1997.
6. Łubiński M., Filipowicz A., Żółtowski W.: *Konstrukcje metalowe*, cz. I i II. Arkady, Warszawa 2000 i 2004.
7. Klimpel A.: *Nowoczesne technologie spajania metali*. WNT, Warszawa 1984.
8. Klimpel A.: *Spawanie, zgrzewanie i cięcie metali*. Wyd. Naukowo Techniczne, Warszawa 1999.
9. Pilarczyk J.: *Spawanie i napawanie elektryczne metali*. Śląsk, Katowice 1996.
10. Mistur L.: *Spawanie i napawanie w naprawach części maszyn i konstrukcji metalowych*. Kabe. Krosno.

Ponadto uwzględniono normatywy:

11. PN-ISO 668: 1999 – Kontenery ładunkowe serii 1. Klasyfikacja, wymiary i maksymalne masy brutto.
12. PN-ISO 1161: 1999 – Kontenery ładunkowe serii 1. Naroża zaczepowe. Wymagania.
13. PN-ISO 1496-1: 1999 – Kontenery ładunkowe serii 1. Wymagania i metody badań. Kontenery ogólnego użytku do różnych ładunków.
14. PN-ISO 1496-2: 1999 – Kontenery ładunkowe serii 1. Wymagania i metody badań. Kontenery izotermiczne.
15. PN-ISO 1496-3: 1999 – Kontenery ładunkowe serii 1. Wymagania i metody badań. Kontenery zbiornikowe do płynów, gazów i ładunków stałych luzem pod ciśnieniem.
16. PN-ISO 1496-4: 1999 – Kontenery ładunkowe serii 1. Wymagania i metody badań. Kontenery bezciśnieniowe do ładunków stałych luzem.
17. PN-ISO 1496-5: 1999 – Kontenery ładunkowe serii 1. Wymagania i metody badań. Kontenery płytowe i typu płytowego.

18. Przepisy techniczne: CSC Międzynarodowa Konwencja o Bezpiecznych Kontenerach, 1972 UIC Międzynarodowa Unia Kolejowa, karta np. 592-2. ■

Some Problems of Automation and Robotization of Welding Process in the Large Size Constructions

Summary: In the study the selected, technological problems of container steel structure manufacturing are presented. Possibility of application of the industrial robots in automation of welding the trapezoidal sheet metal in container plating is discussed.

Keywords: container, steel construction, welding, optimization

dr inż. Piotr Kuryło

Adiunkt na Wydziale Mechanicznym Instytutu Budowy i Eksploatacji Maszyn Uniwersytetu Zielonogórskiego.

e-mail: P.Kurylo@ibem.uz.zgora.pl



inż. Mateusz Nagórny

Inżynier produkcji, pracownik Działu Technologii i Przygotowania Produkcji w firmie Linstal Sp. z o.o., ul. Tarnopolska 12, 68-320 Jasień.

